

## La Verità sul Rilevamento dell'Arco Elettrico

La sempre più crescente lista di funzioni e opzioni disponibili per le apparecchiature usate nel campo delle prove e misure, sta rendendo più che mai difficile selezionare lo strumento appropriato per il proprio lavoro. Una caratteristica che ha provocato non poca confusione è la rilevazione dall'arco elettrico che spesso viene aggiunta ai test per rigidità dielettrica. Fin da quando questa misura è stata adottata, vi sono state notevoli speculazioni attorno alla sua efficacia e necessità, dovute principalmente alle più disparate definizioni e alle inconsistenti affermazioni annunciate dai produttori di apparati per rigidità dielettrica.

Sebbene i tester per la misura di rigidità dielettrica siano stati muniti di circuiti per rilevare l'arco elettrico fino dal 1996, molti clienti sono tuttora confusi su questo argomento. Quando si dovrebbe utilizzare questa funzione? Quali sono i suoi benefici? Vi sono potenziali problemi associati alla rilevazione dell'arco?

### Che cosa è il Rilevamento dell'Arco Elettrico?

Per potere capire cosa è il rilevamento dell'arco elettrico, è necessario prima chiarire che cosa si intende per formazione dell'arco. Questa infatti viene definita come una scarica parziale momentanea dovuta all'intensa concentrazione di un campo elettrico ad alta tensione attraverso un dielettrico. Nel caso del test per rigidità dielettrica, questo dielettrico è solitamente inteso come l'isolamento dell'apparato sotto test.

Molte volte la condizione dell'arco può essere vista come una scarica luminosa provocata dalla ionizzazione delle molecole dell'aria detta **effetto corona**. La formazione dell'arco in alta impedenza è da intendersi come una condizione temporanea e non viene necessariamente considerata come una prova della perforazione del dielettrico: condizione che un tester per rigidità dielettrica è stato progettato per testare.

Il cedimento del dielettrico fa sì che una considerevole quantità di corrente di dispersione scorra attraverso l'isolamento del prodotto mentre la formazione dell'arco solitamente produce dei transitori temporanei sulla forma d'onda nominale della corrente di dispersione. Il circuito per il rilevamento dell'arco elettrico è stato approntato per differenziare fra queste due diverse condizioni (Tabella 1).

Formazione dell'Arco Elettrico	Cedimento del Dielettrico
Condizione temporanea dovuta ad imperfezioni nell'isolamento che possono essere viste come scariche superficiali o effetto corona	Degradazione deleteria dell'isolamento che diventa evidente alle basse tensioni durante ogni successivo test
Provoca brevi transitori nelle misure della corrente di dispersione	Provoca un eccessivo e pericoloso flusso della corrente di dispersione
Può verificarsi in prodotti che sono ancora elettricamente sicuri, dipende dallo standard di prova	È sempre il segno di un prodotto difettoso che non è adatto per la produzione o per la vendita

Tabella 1 – Confronto fra la Formazione dell'Arco e il Cedimento del Dielettrico

Un attento esame dello specifico standard **IEC 60601-1 Medical Electronic Equipment Section 20.4f** ci offrirà una spiegazione pratica della differenza esistente fra la perforazione del dielettrico e la formazione dell'arco voltaico. Questa normativa cita quanto segue: *“durante il test, non si dovrà verificare nessuna scarica parziale o cedimento. Leggere scariche della corona sono da considerarsi trascurabili purché queste cessino quando la tensione di prova viene temporaneamente ridotta ad un valore inferiore, che deve essere comunque superiore alla tensione di riferimento (U) e a patto che le scariche non provochino una caduta della tensione di prova.”*

Quindi, secondo quanto viene affermato dallo standard, la formazione dell'arco e l'effetto corona non sono necessariamente rappresentativi di una perforazione del dielettrico. In alcuni casi, tuttavia, la formazione dell'arco potrebbe indicare un problema relativo all'isolamento dell'apparato da testare oppure un problema legato al processo di fabbricazione. Allora, come viene rilevato un arco elettrico?

La formazione di archi voltaici in alta impedenza e gli effetti corona producono impulsi di corrente ad alta frequenza che si sovrappongono all'onda a frequenza inferiore della forma d'onda della corrente di prova che viene applicata. Questi impulsi possono avere una frequenza che va da meno di 30 kHz fino a più di 1 MHz e di durata molto breve. Spesso, questi impulsi durano meno di 10  $\mu$ s (Figura 1)

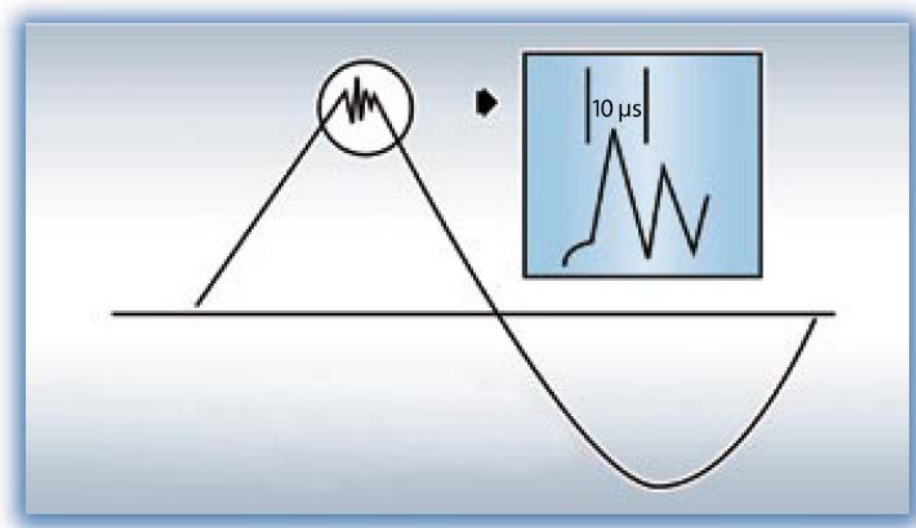


Figura 1 – Formazione dell'Arco Elettrico

Il circuito di rilevamento dell'arco sviluppato dalla Associated Research consiste di un filtro passa alto che risponde soltanto alle frequenze superiori ai 10 kHz. Questi segnali ad alta frequenza vengono inseriti in un comparatore e poi esaminati rispetto ad un livello di sensibilità programmato dall'operatore e selezionato durante la configurazione del test (Figura 2).

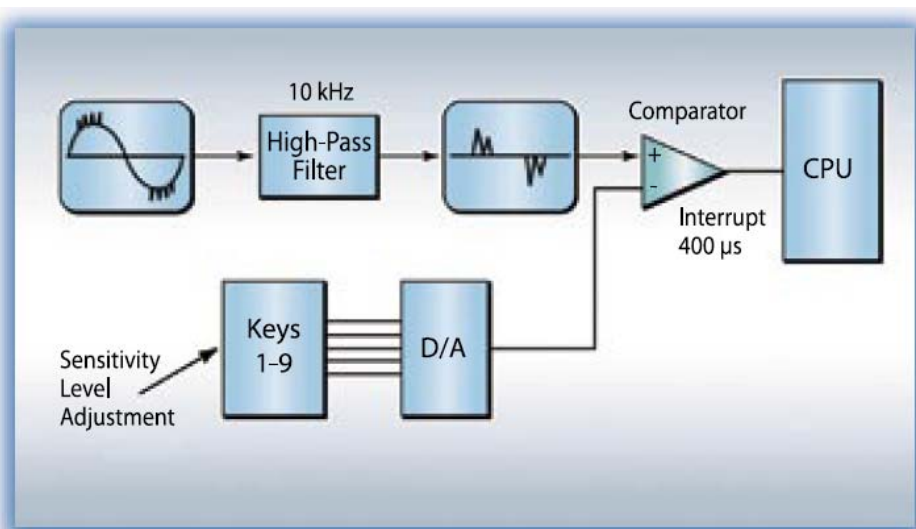


Figura 2 – Rilevatore dell'Arco Elettrico

Se questo livello viene superato, un segnale di interruzione arriva alla CPU, la quale spegne il tester. Va notato che la condizione di non idoneità prodotta dall'arco elettrico e monitorata dal tester per rigidità dielettrica della Associated Research resta comunque separata dalla funzione che rileva una criticità eccedente il limite superiore programmato per casi di perforazione del dielettrico.

## Perché rilevare l'Arco Elettrico è così Importante?

Un arco voltaico provoca dei transitori di corrente in alta frequenza che si sovrappongono alla forma d'onda a bassa frequenza. Anche se questi transitori potrebbero non dipendere da un serio cedimento dell'isolamento dell'apparato da testare, possono comunque indicare un problema con il sistema di isolamento che potrebbe in seguito diventare una faccenda più grave.

Ad esempio, in alcune situazioni l'arco elettrico potrebbe formarsi in una connessione in serie. Solitamente questo dipende da un difetto di fabbricazione come una connessione allentata. Una deficienza come questa in un collegamento in serie darà origine ad un arco voltaico limitato in corrente dall'impedenza del circuito con cui è in serie.

Poiché l'arco è limitato in corrente, questa condizione non innescherà mai il limite superiore programmato di guasto e monitorato da un normale test di rigidità dielettrica ma questo non toglie che l'arco potrebbe creare un potenziale rischio di incendio. Senza il rilevamento dell'arco, chi costruisce prodotti che possono essere soggetti a eventuali formazioni di scariche elettriche, potrebbe involontariamente omologare apparecchiature difettose o prodotti che possono guastarsi prematuramente.

Il circuito per il rilevamento dell'arco prodotto dalla Associated Research è stato studiato perché il tester di rigidità dielettrica possa differenziare fra i transitori di corrente provocati dalla velocità di variazione della corrente dell'arco nel tempo ( $\Delta i/dt$ ) e la presenza di un'eccessiva corrente di dispersione associata alla perforazione del dielettrico.

Inoltre, il circuito per rilevare l'arco permette all'operatore di impostare un livello distinto di sensibilità corrispondente all'intensità dell'arco. Se un arco di basso livello viene ritenuto tollerabile dal produttore dell'apparato da testare, il rilevatore dell'arco può essere impostato per una bassa sensibilità in modo tale che gli archi di magnitudine inferiore possano essere trascurati mentre gli archi di livello superiore producano una condizione di non conformità.

Tuttavia, questa la funzione che consente di regolare i livelli di sensibilità ha generato delle discrepanze relative ai rilevatori di arco elettrico adottati dai differenti produttori di tester per rigidità dielettrica. Infatti, molti possessori di tester per rigidità dielettrica hanno posto domande sul fatto che i risultati ottenuti possono differire da produttore a produttore se non addirittura fra un tester e l'altro. Nonostante queste discordanze, resta il fatto che la presenza di un rilevatore di arco elettrico offre ai costruttori ulteriori e preziose notizie su quello che succede alle loro apparecchiature sotto test.

## Quando si dovrebbe usare il Rilevamento dell'Arco Elettrico?

Dal punto di vista del controllo della qualità, è sempre utile avere a disposizione informazioni aggiuntive per determinare la sicurezza del prodotto. Potrebbe capitare che alcuni prodotti siano stati danneggiati durante la spedizione, provocando una scarsa spaziatura fra conduttore e isolamento. Questa condizione potrebbe non produrre una perforazione del dielettrico, ma con attivato il rilevamento dell'arco sarebbe possibile cogliere questo problema prima che il prodotto difettoso finisca nelle mani del cliente.

Può ad esempio succedere che l'integrità dell'isolamento di un apparecchiatura si sia indebolita nel corso del processo di lavorazione oppure un componente si sia danneggiato durante il trasporto. Quando questo viene sottoposto ai test per rigidità dielettrica, si rileverà soltanto un arco elettrico a basso livello. In questo caso il prodotto supererà indubbiamente il test per rigidità dielettrica, ma se utilizzassimo anche il rilevatore di arco potremmo individuare la presenza di scariche elettriche e determinare una potenziale criticità.

Nonostante vi siano numerosi scenari in cui il rilevamento dell'arco può rivelarsi vantaggioso, la principale fonte di confusione che circonda questa tecnologia è l'evidente mancanza di apposite normative di collaudo su come impiegare il rilevamento dell'arco voltaico durante un test per rigidità dielettrica. Sono disponibili esclusivamente pochissime fonti di informazione che possono aiutare i produttori a capire se la rilevazione di

scariche elettriche è una fase necessaria nella procedura di collaudo visto che gli standard esistenti sono relativamente soggettivi.

Ancora più sconcertante è che nessuna specifica normativa che riguardi la formazione dell'arco definisce se questa può essere o non essere accettabile per i prodotti elettrici e qualora lo fosse, fino a che livello? Alcuni suggerimenti possono essere presi a prestito da altri settori industriali che trattano con le scariche elettriche e la rilevazione dell'arco. Sono infatti sempre più numerose le aziende che negli ultimi tempi hanno adottato il rilevamento dell'arco elettrico come parte del controllo della qualità e della sicurezza dei loro prodotti.

Attualmente, il rilevamento dell'arco e l'adozione di interruttori di circuito in caso di guasto da arco elettrico sono di serie nel settore aeronautico come mezzo per garantire l'integrità dei cablaggi sugli aeroplani; mentre già dal 2002, l'ente National Electrical Code richiede che questi siano opportunamente installati anche sulle linee di alimentazione e sui circuiti derivati nelle residenze abitative. Questi interruttori aiutano a prevenire il formarsi di scariche elettriche all'interno delle abitazioni e devono essere verificati utilizzando un genere di tecnologia adatta per rilevare l'arco elettrico e garantire che siano in buone condizioni di funzionamento.

La poca completezza delle vaghe normative relative al rilevamento dell'arco elettrico ha comunque prodotto un fatto positivo. Infatti, i tester per rigidità dielettrica che incorporano la funzione per rilevare le scariche elettriche sono stati perfezionati privilegiando il controllo da parte dell'operatore. Il risultato di tutto questo sono: livelli programmabili di sensibilità definiti dall'operatore e la possibilità di abilitare o disabilitare il rilevamento dell'arco elettrico.

In ultima analisi, dipende quindi dal produttore se rilevare o oppure no l'arco elettrico e quale deve essere il livello di sensibilità da adottare. La flessibilità di questa tecnologia dà ai produttori la facoltà di eseguire una misura in più di controllo durante il test per rigidità dielettrica.

## Quantificare un Arco Elettrico

Detto in parole povere, è molto difficile misurare accuratamente la corrente prodotta da arco voltaico. Questo dipende da un elevato numero di variabili associate alle condizioni della scarica elettrica. La geometria di un arco non è mai costante. Ad esempio, le tensioni di perforazione possono variare parecchio fra due superfici arrotondate o fra due punti acuminati a parità di spaziatura.

Grandezze come impedenza e capacità distribuite nei circuiti fra il punto in cui viene generata la scarica e il rilevatore possono influenzare il  $\Delta i/dt$  della forma d'onda della corrente monitorata. La quantità di tensione, la velocità del fronte di salita, la polarità e la forma d'onda influiscono sulla velocità alla quale le condizioni di corona e di scarica si verificano. A questo poi bisogna aggiungere che pure la temperatura, l'umidità e la pressione atmosferica influenzano non soltanto la tensione alla quale la corona inizia a formarsi ma anche le tensioni di perforazione.

## Risultati e Discrepanze

Con tutte queste variabili in gioco, il rilevamento dell'arco si presenta come poco più un'approssimazione piuttosto che una determinazione scientifica. Molti produttori si domandano se un circuito per rilevamento dell'arco può essere regolato per misurare la corrente secondo un dato livello, questo perché se è possibile impostare un circuito con distinti livelli di innesco, i risultati ottenuti dai tester di rigidità dielettrica possono sembrare molto incongruenti.

La mancata possibilità di produrre una condizione conosciuta e ripetibile della scarica elettrica significa che i produttori di tester per rigidità dielettrica non possono calibrare accuratamente le scale che regolano la sensibilità di rilevamento dell'arco. Infatti, la relativa corrente di dispersione in un tester per rigidità dielettrica dovuta alle piste delle schede a circuito stampato, ai trasformatori di ingresso e uscita e agli altri componenti, complicano ulteriormente la capacità del costruttore nel realizzare una scala che sia univoca e quantificabile. Una scarica elettrica che provoca una condizione di non idoneità in un certo modello di tester potrebbe non indurre la stessa situazione in un altro modello.

La scala della sensibilità varia coerentemente con l'impedenza di uscita di uno specifico tester per rigidità dielettrica. Quindi, la misura della sensibilità di un rilevatore di arco dovrà essere utilizzata per approssimare il livello di intensità dell'arco e non per quantificarlo. Purtroppo, è proprio su questa approssimazione associata al rilevamento dell'intensità dell'arco che la maggioranza dei produttori diverge.

Le regolazioni di sensibilità del rilevatore sviluppato dalla Associated Research sono basate su una scala di livelli che va da 1 fino a 9, dove 1 è il livello meno sensibile mentre 9 è quello più sensibile. Questi livelli di sensibilità corrispondono all'incirca ai livelli di corrente di 20-2 mA.

## Sommario

Oggi giorno i tester per rigidità dielettrica vengono muniti di diverse funzioni studiate per verificare la sicurezza e l'integrità dei prodotti elettrici. Mentre lo scopo primario del test per rigidità dielettrica è quello di garantire che il sistema di isolamento del prodotto sia sufficiente per prevenire scosse elettriche, la maggioranza dei tester per rigidità dielettrica sono comunque dotati di circuito per il rilevamento dell'arco elettrico. L'aggiunta di questa funzionalità permette ai costruttori di testare i loro prodotti per verificare sia il cedimento del dielettrico e sia la formazione dell'arco voltaico durante un test per rigidità dielettrica.

Il cedimento del dielettrico è considerato come un guasto disastroso nel sistema di isolamento dell'apparato sotto test mentre la formazione dell'arco potrebbe essere o non essere considerato come un guasto. In linea di massima, il rilevamento della scarica elettrica è soltanto un mezzo approssimativo per monitorare i livelli dell'arco elettrico di un apparato sotto test visto le inerenti variabili associate alla formazione dell'arco.

Una deficienza individuata dal rilevamento dell'arco dovrebbe essere trattata come un mezzo per provvedere ulteriori informazioni sull'integrità dell'isolamento di un prodotto elettrico e non essere considerato come un valido sostituto per un cedimento del dielettrico. In alcuni casi, il rilevamento dell'arco non è necessario per un test di rigidità dielettrica, ma questa opzione è comunque disponibile per tutti quei produttori che devono testare l'isolamento di un apparecchiatura sottoposta agli effetti di un arco elettrico.

Sia che verifichiate prodotti soggetti a difetti durante i processi di lavorazione o che stiate eseguendo un test di sicurezza per verificare l'affidabilità di un prodotto, non ve dubbio che il rilevamento dell'arco può essere uno strumento vantaggioso. Tuttavia, visto che fra i più importanti enti di sicurezza, nessuno di loro ha per il momento specificato precise normative per il rilevamento dell'arco, starà quindi al produttore prendersi cura di stabilire quanto sia importante rilevare la presenza dell'arco per ogni sua specifica applicazione.

## Notizie sull'Autore

Adam Braverman è responsabile tecnico alle vendite presso la Associated Research. Ha maturato oltre tre anni di esperienza nel campo dell'alimentazione elettrica e ha scritto vari articoli su applicazioni che hanno come oggetto controlli e verifiche della sicurezza elettrica. Braverman si è laureato in ingegneria elettrica presso la Bucknell University.  
Associated Research

**Per l'Italia:**

**Cal Power**

**CalPower Srl**

**Phone (+39) 031526566**

**info@calpower.it**